



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet de la densité des fourmis rouges [*Oecophylla longinoda* latreille (Hymenoptera: formicidae)] des manguiers sur la teneur en sucres et acides organiques de la mangue [*Mangifera indica* L. (Sapindales: Anacardiaceae)]

Hermance Y. HOUNGBO^{1,2}, Adémir Chessy Paris R. BASSO^{1,2}, Florence ANATO AFORA², Antonio SINZOGAN³, Aliou SAIDOU⁴, Jean-François VAYSSIERES⁵ et Paulin AZOKPOTA^{1,2*}

¹ Laboratoire de Biologie Moléculaire et Formulations Alimentaires / Ecole de Nutrition, Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 03 BP 2819 Cotonou Benin.

² Laboratoire de Sciences des Aliments / Ecole de Nutrition, Sciences et Technologies Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 03 BP 2819 Cotonou Benin.

³ Laboratoire d'Entomologie Appliquée / Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 03 BP 2819 Cotonou Benin.

⁴ Laboratoire de Sciences des Sols / Ecole des Sciences et Techniques de Production Végétale, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 03 BP 2819 Cotonou Benin.

⁵ CIRAD Persyst, UPR HortSys, 34398 Montpellier, France.

* Auteur correspondant ; E-mail: azokpotap@yahoo.fr ; paulin.azokpota@fsa.uac.bj

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par la Fondation Internationale pour la Science (FIS).

RESUME

Divers acteurs pensent que les fourmis rouges (*Oecophylla longinoda*), utilisées pour lutter contre les ravageurs en horticulture, améliorent la qualité des fruits. Des travaux antérieurs laissent présager que l'amélioration de la qualité des fruits serait liée à l'intensité de l'activité des fourmis. La présente étude visait à évaluer l'effet de *O. longinoda* sur la qualité physico-chimique de la mangue (*Mangifera indica*) selon la densité de fourmis des manguiers. Un dispositif expérimental constitué de 04 traitements : T0 (densité de fourmis nulle), T1 (densité de fourmis 0-50%), T2 (densité de fourmis 50 – 75%), T3 (densité de fourmis > 75%) a été installé dans un verger de manguiers, variété «Gouverneur» à Korobourou, Parakou (Centre-Bénin). Dans les traitements T1, T2 et T3, deux catégories de mangues (avec et sans cochenilles) ont été considérées. Les paramètres physico-chimiques des mangues ont été évalués par des méthodes de références sur deux saisons consécutives. L'étude a révélé qu'il n'y a pas de différence au seuil de 5% entre la qualité physico-chimique des mangues étudiées, quelle que soit la densité. D'un traitement à un autre et d'une saison à l'autre, les teneurs en glucose varient de 1,04 à 3,29% ; celles en fructose de 3,61 à 6,98% et celles en saccharose de 13,90 à 28,18%. Les teneurs en acide oxalique varient de 0,15 à 1,90% tandis que celles de l'acide citrique fluctuent entre 17,95 et 28,59%. L'acidité titrable varie de 2,16 à 4,94% avec un degré Brix compris entre 17,60 et 19,79%. Ainsi, la présence des fourmis quelle

que soit leur densité, n'affecte pas la qualité physico chimique de la mangue, ce qui pourrait favoriser leur adoption comme agent de lutte biologique.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Fourmis tisserandes, cochenilles, Parakou, lutte biologique, qualité, physico-chimique.

Effect of African weaver ants [*Oecophylla longinoda latreille* (Hymenoptera: formicidae)] density in mango trees on sugar and organic acids content of mango [*Mangifera indica* L. (Sapindales: Anacardiaceae)]

ABSTRACT

Many stakeholders think that weaver ants (*O. longinoda*), used in biological control of fruits pest, improve the quality of fruits. Previous studies reported that quality improvement may be related to the intensity of ants' activity. The present study aimed at highlighting the effects of *O. longinoda* on mango physico-chemical quality according to different ant density of mango tree. An experimental design with (04) treatments corresponding to 04 different levels of ants density: T0 (ant density 0% representing control group), T1 (ants density 0 - 50%), T2 (ants density 50 - 75%) and T3 (ants density > 75%) was carried out on "Gouverneur" variety in a mango orchard at Korobourou, Parakou district in Central-Benin. In plots with ants (T1, T2 and T3), two groups of mangoes fruits (mangoes without scale insects and mangoes with scale insects) were considered. The physico-chemical parameters of different mangoes were accessed by standard methods during two consecutive seasons. The study revealed that there is no difference at the threshold of 5% concerning the physico-chemical quality of different mangoes studied. For the different treatments and the two season, glucose content varies from 1.04 to 3.29% ; fructose content, from 3.61 to 6.98% and sucrose content from 13.90 to 28.18%. Oxalic acid's content raises from 0.15 to 1.90% while citric acid content ranges from 17.95 to 28.59%. Titratable acidity varies from 2.16 to 4.94% with a total soluble sugar content fluctuating between 17.60 and 19.79%. So, weaver ants do not affect mango physico-chemical quality. This result may favor their use as biological control agent.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Red ants, scale insects, Parakou, biological control, physico-chemical quality.

INTRODUCTION

La mangue (*Mangifera indica*) est un fruit tropical issu du manguier, l'un des arbres fruitiers les plus répandus en Afrique de l'Ouest (Rey et al., 2004). C'est un fruit charnu, apprécié, non seulement, pour son arôme exotique mais aussi pour sa valeur nutritionnelle, du fait de sa teneur en sucres (10 à 15%) qui constitue un apport calorique non négligeable (Lechaudel, 2004). Elle contient également des fibres alimentaires, des vitamines (A, B, C, E, etc.), des sels minéraux et oligo-éléments (K, Mg, P, Cu, Zinc, fer, etc.) (Jahan et al., 2011). La mangue constitue une importante source de nutriments pour les populations rurales des zones soudano-

sahéliennes (Vayssières et al., 2008 ; Vayssières et al., 2012 ; Kouebou et al., 2013). Elle occupe aussi une place de choix parmi les fruits commercialisés, présentant ainsi une grande importance économique (Ishtiaq et al., 2010). Dans la plupart des pays Ouest africains, la mangue est essentiellement valorisée à l'état frais par exportation ou par vente sur le marché local (Kante-Traore et al., 2017).

Cependant, la production de la mangue connaît quelques contraintes au plan mondial et les pays en voie de développement aux moyens limités comme le Bénin, sont les plus particulièrement touchés. Deux contraintes majeures entravent la production

de la mangue, à savoir : l'insuffisance et / ou l'absence de techniques culturales adéquates, et l'attaque des fruits par les ravageurs tout le long du cycle de développement (Sinzogan et al., 2008). Les mouches de fruits (Diptera : Tephritidae) constituent le principal ravageur de la mangue et peuvent occasionner des pertes allant jusqu'à 40% de la production annuelle (Lux et al., 2003) avant que l'espèce *Bactrocera dorsalis* ne soit apparue en Afrique. Au Bénin, les pertes annuelles varient d'environ 20% en début de saison à 80% en fin de saison (Vayssières et al., 2008).

Au nombre des stratégies de lutte contre les mouches de fruits, développées dans les vergers de manguiers, on peut citer la lutte biologique par l'utilisation des fourmis *Oecophylla longinoda* (Sinzogan et al., 2008 ; Vayssières et al., 2009 ; Ouedraogo, 2011). En effet, Certaines fourmis prédatrices peuvent être de bon agents de lutte biologique contre des espèces phytophages (Ladoh Yemeda et al., 2013). Aussi, il faut signaler que face aux problèmes environnementaux liés à l'utilisation des pesticides, la lutte biologique est de plus en plus envisagée comme méthode alternative. Au Sénégal par exemple, l'efficacité d'extrait de neem (*Azadirachta indica*) pour lutter contre les principaux ravageurs du coton a été établie (Sane et al., 2018). La lutte biologique par l'utilisation des fourmis oecophylles a été initiée et vulgarisée auprès des producteurs béninois de mangues à travers le projet WAFFI (West African Fruit Fly Initiative) qui était un projet Cirad-IITA mis en œuvre de 2008 à 2012 au Bénin et dans plusieurs pays Ouest-Africains. L'utilisation des fourmis du genre *Oecophylla* (*O. smaragdina* originaire d'Asie et *O. longinoda* originaire d'Afrique), comme agents de lutte biologique contre les mouches de fruits dans les plantations d'agrumes, de cajou et de mangues s'est révélée efficace dans de nombreux pays (Van Mele and Cuc, 2000; Sinzogan et al., 2008; Wiwatwitaya and Offenberg, 2009; Anato et al., 2015). Les fourmis du genre *Oecophylla* sont des fourmis prédatrices généralistes dont la présence sur un arbre empêche divers ravageurs de

s'attaquer à cet arbre et à ses fruits (Adandonon et al., 2009). Leur pouvoir de prédation élevé, lié à la production de nombreuses phéromones et de diverses sécrétions, leur confère un grand succès dans la lutte biologique. Cependant, les fourmis protègent les cochenilles contre leurs autres prédateurs en échange du miellat que ces dernières leur fournissent (Van Mele et Cuc, 2007, 2008 ; Vayssières et Sinzogan, 2008 ; Déguénon, 2009). Ainsi, sur les arbres colonisés par les fourmis, on rencontre des fruits portant des cochenilles. Ces fruits sont constamment parcourus par les fourmis pour la collecte du miellat.

Selon une étude menée par les chercheurs du CIRAD et de l'IITA dans le cadre du projet régional de lutte contre les mouches des fruits, WAFFI (West African Fruit Fly Initiative), les avantages de l'utilisation des fourmis oecophylles sont, entre autres, la protection des arbres fruitiers contre certains parasites, notamment les hémiptères, la répulsion des chauves-souris frugivores et des serpents dangereux d'arbres, comme les mambas verts et l'amélioration de la qualité des fruits (Van Mele et al., 2009). Il semblerait que dans leur rôle protecteur, les fourmis rouges impactent positivement la qualité des fruits issus des arbres où elles établissent leurs nids (Van Mele et al., 2007). Une évaluation sensorielle effectuée auprès d'un panel de consommateurs de mangues a montré une meilleure apparence et un meilleur goût de la mangue protégée, notamment au niveau de la mangue protégée portant des cochenilles (Houngbo, 2012). Sachant que les mangues portant des cochenilles bénéficient du passage permanent des fourmis (pour la collecte de miellat) synonyme d'une activité plus intense des fourmis, il serait alors intéressant d'examiner l'effet des fourmis tisserandes sur la qualité de la mangue protégée en relation avec l'intensité d'activité des fourmis. Le présent travail vise à établir la relation entre les caractéristiques physico-chimiques (déterminantes du goût) des mangues protégées par les fourmis rouges et la densité

de population de ces fourmis au niveau des manguiers. De façon spécifique, le travail a consisté à déterminer l'acidité, le degré Brix, le rapport Brix/acidité ainsi que la teneur des principaux sucres et acides organiques de la mangue protégée en fonction de la densité de population de fourmis dans les manguiers.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Le matériel utilisé pour cette étude est constitué d'échantillons de mangue de la variété «Gouverneur». Les échantillons ont été prélevés dans un verger de manguiers situé dans une banlieue de la ville de Parakou plus précisément à Korobourou (lat. 9° 22' 13" N, long. 2°40' 16" E) dans le Département du Borgou au Centre du Bénin qui est la principale zone de production de mangues au Bénin (Vayssières et al., 2008). Le choix de ce verger se justifie par le fait qu'il a déjà fait l'objet de précédentes expérimentations en rapport avec la lutte biologique par les fourmis rouges (Photo 1).

Méthodes

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental installé au niveau du verger de manguiers identifié est constitué de 120 manguiers répartis en quatre traitements T0, T1, T2 et T3 (Tableau 1) Chaque traitement comporte 30 arbres. Pour empêcher les fourmis de coloniser les arbres témoins (T0), les alentours de ces manguiers sont régulièrement nettoyés et leurs troncs sont enduits d'une couche de graisse. La graisse est appliquée sur tout le pourtour du tronc du manguiers à une hauteur d'environ 50 cm du sol et forme une ceinture de 1 à 2 cm d'épaisseur, s'étalant sur 30 cm de large. De plus, les liaisons entre les manguiers au niveau de la canopée ont été supprimées.

Détermination de la densité de fourmis dans le manguiers

La densité de fourmis dans le manguiers a été déterminée par la méthode décrite par Offenberg et Wiwatwitaya (2010). Cette méthode consiste à observer au niveau de chaque pied de manguiers le nombre de

fourmis en activité sur les branches principales pendant environ 90 secondes, puis à attribuer un score à chacune de ces branches. Lorsque le nombre de fourmis observées est compris entre 1 et 10, la note de 1/3 est attribuée à la branche ; pour un nombre de fourmis compris entre 10 et 50, la note de 2/3 est attribuée et pour un nombre de fourmis supérieur à 50, la note de 3/3 est attribuée. La densité moyenne de fourmis correspondante pour l'arbre est obtenue en faisant la moyenne arithmétique des notes des branches principales de l'arbre. Le résultat est exprimé en pourcentage.

$$Df (\%) = \frac{\sum x_i}{\text{Nombre de branches principales}} \times 100$$

Avec $\sum x_i$ == somme des scores des branches principales et Df= densité de fourmis.

La densité de fourmis des manguiers pouvant varier dans le temps, elle a été suivie et calculée pour chaque manguiers du dispositif expérimental toutes les deux semaines, de janvier (floraison) à mai (récolte) à chaque saison. Les données de densité sont relevées les matins entre 7 et 10 h. Les données recueillies ont permis de sélectionner les manguiers pouvant faire objet de récolte. Seuls les manguiers dont la densité de fourmis reste dans l'intervalle défini pour un traitement donné (de la floraison à la récolte) sont réellement considérés comme appartenant au traitement lors de l'échantillonnage à la récolte.

Plan d'échantillonnage

Seules les mangues remplissant les critères de densité de fourmis définis plus haut et ayant une bonne disponibilité en fruits ont été sélectionnées pour l'échantillonnage. Sur chaque manguiers à densité de fourmis nulle (T0) choisie, des mangues (mangues non protégées) sont récoltées pour les différentes analyses. Sur chaque manguiers protégé (T1, T2, T3) choisi, deux catégories de mangues ont été prises en compte: les mangues avec cochenilles et les mangues sans cochenilles. En effet, les fourmis tisserandes protègent les cochenilles qui colonisent une faible proportion des fruits du manguiers (Van Mele et Cuc, 2008 ; Vayssières et Sinzogan, 2008 ; Déguénon, 2009). Ainsi, au total, trois

catégories de mangues à savoir : mangues non protégées, mangues protégées avec cochenilles et mangues protégées sans cochenilles ont été considérées. Les fruits de même catégorie provenant d'un même arbre constituent un prélèvement et les mangues cueillies sont au degré de maturité physiologique. Pour la collecte des fruits, afin de réduire la variance entre échantillons due à la position du fruit dans l'arbre, des zones sont définies dans l'arbre selon la procédure classique (tiers supérieur, tiers médian, tiers inférieur, face la plus ensoleillée, face la moins ensoleillée). Ainsi, sur chaque manguiers T0, 10 fruits (mangues non protégées) ont été récoltés, soit deux mangues par zone et sur chaque manguiers protégé (T1, T2 et T3) choisis, 10 mangues protégées sans cochenilles et 10 mangues protégées avec cochenilles selon la même procédure (02 mangues par zone). Les mangues cueillies sont rangées dans divers cartons et transportées au laboratoire pour les différentes analyses.

Prétraitement des fruits

Au laboratoire, la pulpe des mangues de chaque prélèvement est récupérée, broyée homogénéisée et répartie dans de petits pots pour les différentes analyses prévues. Les échantillons ainsi traités sont conservés à -18 °C pendant toute la durée des analyses. Au moment des analyses, les échantillons sont décongelés au réfrigérateur puis placés sur paillasse pendant environ 1h afin d'être ramenés à 25 - 27 °C (Température ambiante du laboratoire) avant toute analyse.

Evaluation de la qualité physico-chimique de la mangue

Les différents échantillons de mangues ont été caractérisés à travers la détermination de leur teneur en matières sèches, de leur degré Brix, de leur acidité, de leur pH et de leur composition en sucres et en acides organiques.

La teneur en matières sèches a été déterminée selon la méthode AOAC (1984) ; une étuve VENTICEL LSIS-B2V/VC55 a été

utilisée à cet effet. La méthode de Nout et al (1989) a permis de déterminer l'acidité et le pH grâce à un pH-mètre à électrode de verre (INOLAB 7110) et une burette électronique (Titronic Universal 50 ml SI Analytique). Un réfractomètre numérique à compensation automatique de température (ATAGO-PAL1) a été utilisé pour mesurer le degré Brix.

La composition en sucres et en acides organiques a été déterminée par HPLC. Les extraits ont été préparés en ajoutant 01 ml de solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) 5 mM à 0,2 g de pulpe de mangue pesées dans un tube Eppendorff ; puis l'ensemble a été agité pendant 01 h et centrifugé à une vitesse de 12000 tours/min pendant 15 mn. Le surnageant est recueilli à l'aide d'une seringue puis filtré à travers une membrane filtrante 0,45 µm. Les extraits ainsi préparés ont été injectés par l'intermédiaire d'une vanne puis transportés à travers le système. Les conditions d'appareillage sont les suivantes : colonne : Supelcogel H 59304-U (30 cm x 7,8 mm ID, Bellefonte, PA, USA) ; pré-colonne : Supelguard C610H (5 cm x 4,6 mm ID) ; volume d'injection : 20 µL ; éluant : solution d'acide sulfurique (H₂SO₄) à 5 mM ; mode d'élution : isocratique (toujours le même éluant tout au long de la migration) ; durée d'analyse : 24 mn ; débit d'élution : 0,6 ml/min ; pression : 76-77 MPa ; détecteurs : IR (S2300/2400) de type KNAUER pour les sucres et UV 2000 pour les acides ; logiciel de pilotage : Chrom Gate.

Analyse statistique

Le traitement statistique des données obtenues au niveau des différents échantillons a été effectué avec le logiciel R. Une analyse de variance au seuil de 5% a été effectuée pour apprécier l'effet de la densité de fourmis sur les différents paramètres étudiés. La normalité des données a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk. Pour les données ne respectant pas les conditions de normalité, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé.

Tableau 1 : Tableau synthétique du dispositif expérimental.

Traitements	Nature de Traitement en rapport avec la densité des fourmis
T0	Densité nulle de fourmis dans les manguiers (arbres témoins)
T1	Densité de fourmis comprise entre 0 et 50%
T2	Densité de fourmis comprise entre 50 et 75%
T3	Densité de fourmis supérieure à 75%

RESULTATS

Evolution de la densité de fourmis des manguiers

Les données de suivi de densité de fourmis des manguiers recueillies ont permis de sélectionner les manguiers pouvant faire objet de récolte. La densité de fourmis des manguiers du traitement T1 a varié de 18,06 à 47,22%. Celle des manguiers T2 a fluctué entre 52,50% et 72,40% tandis que pour les manguiers T3, elle est comprise entre 76,67% et 97,22%. La Figure 1 présente les moyennes de densités de fourmis enregistrées pour chaque manguiers ayant fait objet de récolte à la première et à la deuxième saison.

Teneur en sucres solubles totaux et acidité titrable des mangues

Le Tableau 2 présente les valeurs moyennes de matière sèche, de pH, d'acidité titrable, de sucre totaux (Brix) et le ratio sucre/acidité correspondant pour chaque traitement du dispositif.

La matière sèche des échantillons de mangue étudiés varie en moyenne de 18,06 à 20,70% pour la saison 1 et de 16,62% à 18,71% pour la saison 2. La moyenne de matière sèche la plus élevée a été observé en 2015, pour les mangues avec cochenilles issus de manguiers avec des densités de fourmis compris entre 0 et 50% (traitement T1). A la 2^{ème} saison, ce sont plutôt les mangues sans cochenilles du traitement T2 (50 à 75% de densité de fourmis) qui ont enregistré la plus

forte moyenne de matière sèche. Toutefois, les différences de moyenne de matière sèche entre les différents traitements du dispositif ne sont pas significatives ($p=0,09>0,05$) au seuil de 5%.

Les valeurs moyennes d'acidité titrable des mangues issues des différents traitements varient entre 2,27% ($\pm 0,61$) et 3,82% ($\pm 0,72$) pour la saison 1 puis entre 2,16% ($\pm 1,39$) et 4,94% ($\pm 3,49$) pour la saison 2. A la première saison, la moyenne la plus faible et la plus élevée ont été respectivement observées dans les traitements T0 et T1 tandis qu'en saison 2, ce sont les mangues T2 et T3 qui ont respectivement obtenus la valeur la plus faible et la plus élevée. La différence d'acidité entre les traitements n'est pas significative ($p=0,48>0,05$) au seuil de 5%. De même, la présence de cochenilles ne présente pas, non plus, d'effet ($p=0,27>0,05$) sur l'acidité titrable.

Le degré Brix des échantillons étudiés a varié entre 17,90 ($\pm 0,68$) et 19,80 ($\pm 1,83$) à la saison 1 et entre 17,60 ($\pm 2,19$) et 18,83 ($\pm 1,51$) à la saison 2. Aucune différence significative ($p=0,16>0,05$) n'est observée entre les valeurs des degrés Brix des mangues issues des différents traitements. La présence de cochenille n'induit pas, non plus, une différence significative de degré Brix ($p=0,48>0,05$). Cependant, les mangues du traitement T2 (densité de fourmis 50 – 75%)

et portant de cochenilles présente la plus grande valeur moyenne de degré Brix.

Par ailleurs, le rapport degré Brix / acidité ne présente pas de différence significative en fonction de la densité de fourmis des manguiers.

Composition en sucres et acides organiques des mangues étudiées

L'étude a révélé que le saccharose constitue le sucre majeur dans les mangues étudiées, suivi par le fructose et le glucose tandis que l'acide citrique est l'acide majeur, suivi par l'acide malique (Tableau 3). Les moyennes de concentration en fructose fluctuent de 4,58% ($\pm 2,09$) à 6,94% ($\pm 1,19$) dans les mangues provenant des différents traitements de l'étude. Les concentrations moyennes en glucose

oscillent entre 2,87% ($\pm 0,79$) et 3,29% ($\pm 0,42$) pour la saison 1 alors que ces mêmes concentrations en glucose sont relativement faibles 1,04% ($\pm 0,56$) à 1,48% ($\pm 0,19$) en saison 2. Par ailleurs, la valeur la plus élevée de la concentration en saccharose, 28,18% ($\pm 7,14$) est observée au niveau des mangues issues d'arbres dont la densité de fourmis est comprise entre 50 et 75% (traitement T2) pour la saison 1. Ce même traitement avait déjà enregistré le taux de degré Brix le plus élevé. Il n'existe pas de différence significative entre les teneurs en sucres et en acides organiques des mangues étudiées.



Photo 1 : Une mangue variété «Gouverneur » du verger de Koroubourou portant des cochenilles sur laquelle des fourmis tisserandes patrouillent.

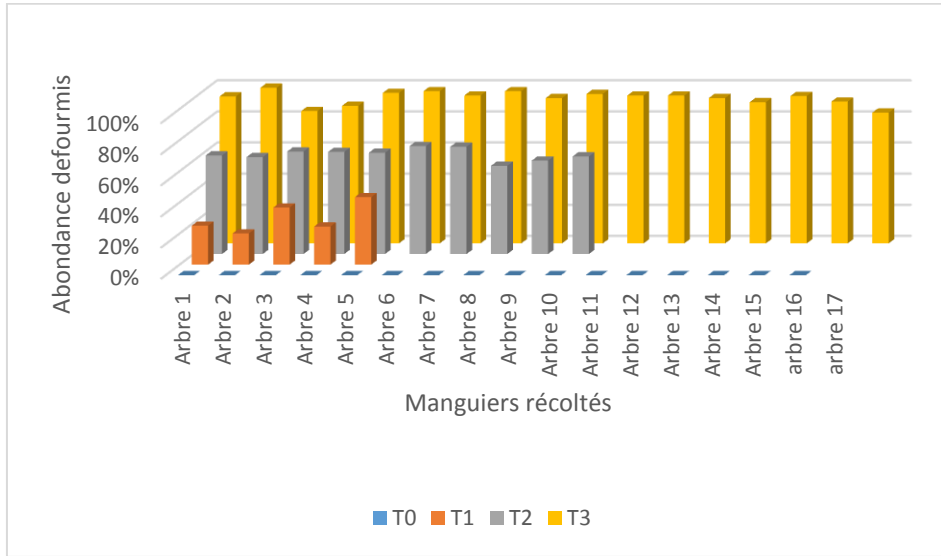


Figure 1 a. (Saison 1)

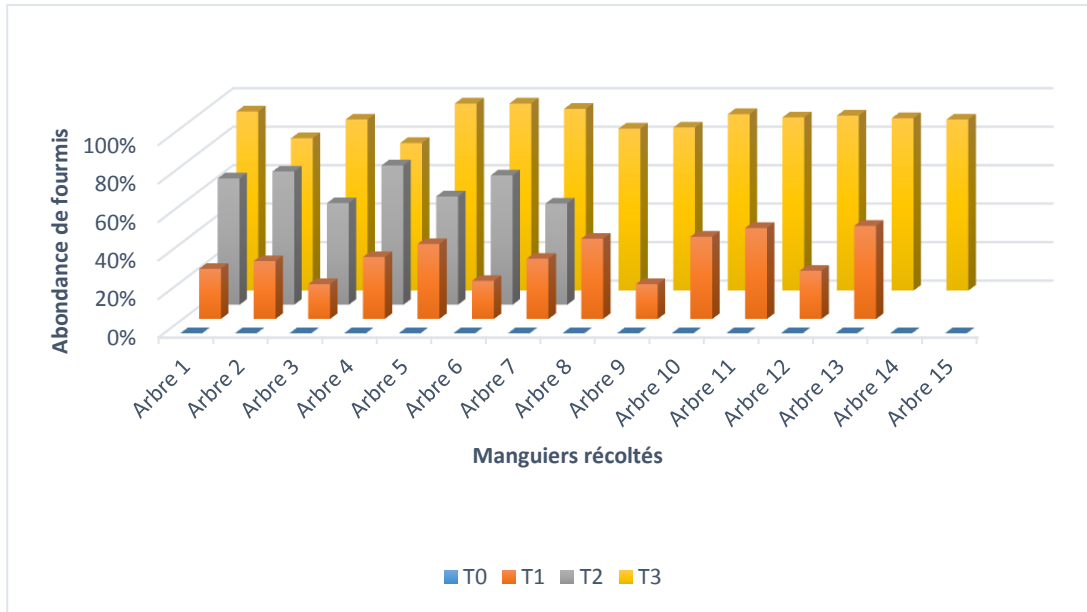


Figure 1 b. (saison 2)

Figure 1 : Densité moyenne de fourmis des manguiers ayant fait l'objet de récolte.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques de la mangue protégée en fonction de la densité de fourmis des manguiers.

Densité de fourmis	Effectif d'arbres récoltés	Cochenilles	Matières sèches (%)	Degré Brix	pH	Acidité titrable (%)	Ratio sucre/acide
Saison 1							
T0	17	NA	20,16±2,24A	19,31±1,5b	4,73±0,32 C	2,27±0,61D	9,02 ± 2,4 e
T1	05	-	18,42±1,25A	17,90±0,6b	4,30 ± 0,17c	3,82 ± 0,72d	4,82 ± 0,9 e
T1	01	+	20,70 ± 0,0A	18,20 ± 0,0B	4,51 ± 0,0 c	3,36 ± 0,0D	5,42 ± ,0 e
T2	10	-	18,06±2,04A	19,08±1,67 B	4,48±0,33 C	3,30 ± 1,06d	6,32±1,96 E
T2	07	+	20,26±2,04A	19,41±1,23 B	4,56±0,26 c	2,56 ± 0,74d	8,35±3,15 E
T3	17	-	19,16±2,01A	19,79±1,83 B	4,48±0,32 c	3,33 ± 1,74d	7,60±3,82 E
T3	17	+	19,80±1,53A	19,42±1,91 B	4,60±0,45 c	3,11 ± 1,86d	7,97±3,72 E
Saison 2							
T0	16	NA	17,54±1,08a	17,79±0,79b	3,80±0,35 c	2,94±1,53d	8,17±4,75e
T1	13	-	17,59±1,84 a	17,98±1,61 b	4,04±0,56 c	2,39±2,03d	14,04±10,4e
T1	04	+	16,62±0,44a	17,70±0,50b	3,26±0,48c	4,77±3,38d	5,40±3,38e
T2	07	-	18,71±1,67a	18,83±1,51b	3,99±0,44 c	2,92±1,19d	8,02±5,37e
T2	06	+	18,68±2,06a	17,60±2,19 b	3,93±0,27 c	2,16±1,39d	12,51±9,69e
T3	14	-	17,71±1,66a	17,66±1,67 b	3,81±0,46 c	3,42±4,32d	12,04±9,46e
T3	13	+	17,41±2,12a	17,71±1,72 b	3,69±0,49 c	4,94±3,49d	5,32±3,81e

NA: Non Applicable; (-) : Absence ; (+) : Présence ; T0: densité nulle; T1: densité 0-50%; T2: densité 50-75%; T3: densité 75-100%. Les données représentent les valeurs moyennes ± les écarts types. Les moyennes d'une même colonne portant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% pour la même saison.

Tableau 3 : Teneur en sucres et acides organiques de la mangue protégée en fonction de la densité de fourmis des manguiers.

Densités de fourmis	Cochenilles	Glucose (%)	Fructose (%)	Saccharose (%)	Acide oxalique (%)	Acide malique (%)	Acide citrique (%)
Saison 1							
T0	NA	2,94±0,98a	6,27±2,26b	26,14±8,78c	0,77±0,77d	2,02±2,26e	20,18±14,35f
T1	-	3,12±0,44a	6,94±1,19b	27,60±3,59c	0,68±0,53d	3,06±4,40e	27,34±0,42 f
T1	+	-	-	-	-	-	-
T2	-	3,26±0,78a	6,35±1,75b	28,18±7,14c	1,90±2,96d	2,77±5,31 e	22,43±8,41 f
T2	+	3,29±0,42a	6,98±1,15b	26,33±4,34c	0,34±0,41d	14,95±24,53e	21,83±11,72f
T3	-	2,87±0,79a	6,02±1,51b	24,98±7,13c	0,60±1,00d	4,23 ± 5,95 e	17,95±20,74f
T3	+	2,99±0,93a	6,39±2,03b	26,38±4,96c	1,40±1,96d	3,66±6,70 e	28,59±21,28f
Saison 2							
T0	NA	1,30±0,35a	4,58±2,09b	20,45±9,80c	0,32±0,97d	35,45±50,90e	-
T1	-	1,39±0,47a	5,24±2,25b	23,62±14,18c	0,66±0,81d	27,66±37,68e	-
T1	+	1,48±0,19a	5,74±0,81b	23,98 ±6,76 c	0,15±0,80d	52,41±39,04e	-
T2	-	1,24±0,17a	4,17±0,76b	20,68±6,71 c	0,55±0,73d	25,82±30,48e	-
T2	+	1,04±0,56a	3,61±2,11b	13,90±9,91 c	0,62±0,76d	27,67±63,87e	-
T3	-	1,24±0,43a	4,64±2,91b	19,15±14,22c	0,59±0,75d	34,56±42,61e	-
T3	+	1,26±0,46a	5,97±2,90b	24,45±18,71c	0,65±0,94d	42,61±45,69e	-

NA: Non Applicable; (-) : Absence ; (+) : Présence ; T0: densité nulle; T1: densité 0-50%; T2: densité 50-75%; T3: densité 75-100%. Les données représentent les valeurs moyennes ± les écarts types. Les moyennes d'une même colonne portant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% pour la même saison.

DISCUSSION

Influence de la densité de fourmis des manguiers sur la qualité physico-chimique

La matière sèche de la mangue est constituée d'éléments organiques synthétisés au cours de son développement (Ouedraogo, 2011). L'absence de différence significative entre les matières sèches des différents échantillons ayant fait l'objet de cette étude, pourrait s'expliquer par le fait que ces mangues proviennent d'un même environnement écologique où les conditions (sol, climat, ensoleillement, humidité) seraient relativement les mêmes pour tous les arbres du verger. Ainsi, bien que ces manguiers aient été colonisés par les fourmis oecophylles à différentes densités, cela n'a pas induit un changement dans la teneur en matière sèche des mangues issues de ces manguiers. Une différence significative entre les teneurs en matières sèches des différents échantillons de mangue laisserait prédire une différence de teneur en divers constituants (tels que sucres totaux, acides, etc.) des dites mangues. Les teneurs moyennes de matière sèche (16,6% à 20,7%) obtenues pour la mangue variété « Gouverneur » ayant fait l'objet de la présente étude, sont proches de celles obtenues par Sawadogo et Traoré (2001) au Burkina lors de leurs travaux sur la composition chimique et la valeur nutritive de la variété « Amélie » (une variété proche de « Gouverneur ») qui étaient de l'ordre de 15,6% à 17,5%.

L'acidité titrable est un paramètre biochimique utilisé dans la détermination de la maturité des fruits et qui varie selon le stade physiologique du fruit (Léchaudel et Joas, 2007). L'acidité titrable est aussi liée à la concentration en acides organiques dans le fruit (Andrew et Elke, 2016). Il a été rapporté que l'acidité titrable de la mangue « Amélie » au Burkina Faso est en moyenne de l'ordre 0,6% (Sawadogo et Traore ; 2001) contre des moyennes de l'ordre de 2,16% ($\pm 1,39$) à

4,77% ($\pm 3,38$) pour les mangues « Gouverneur » de cette étude. Des valeurs d'acidité titrable de 0,27% et 1,90% ont été également enregistrées respectivement sur les mangues de variétés « Chaunsa » et « Anwar Ratole » dans le cadre d'une étude réalisée sur la durée de vie et la qualité de la mangue (Ishtiaq, 2010). Les acidités titrables moyennes déterminées sur les variétés de mangue Dodo en Tanzanie, Tommy Atkins au Burkina Faso et Kent au Mali sont respectivement de l'ordre de 1,89%, 1,25% et 1,12% (Andrew et Elke, 2016). L'ensemble de ces données met en exergue la variabilité de l'acidité de la mangue en fonction de la variété et en fonction des conditions culturales. En ce qui concerne l'objectif de cette étude, on observe une similarité de l'acidité titrable des différentes mangues étudiées. Il se pourrait donc que *O. longinoda* n'influence pas l'acidité titrable des mangues protégées. Ce résultat est contraire à ceux obtenus lors des travaux préliminaires effectués par HOUNGBO (2012) où les fourmis tisserandes avaient réduit l'acidité titrable de la mangue protégée. Ces résultats contradictoires pourraient s'expliquer par le fait que lors des travaux préliminaires, l'effectif de la population étudiée était limité ($n = 3$) pour chacun des traitements utilisés (témoins et fourmis), comparativement à la présente étude où la taille de la population est plus grande ($7 \leq n \leq 17$) selon la disponibilité en manguiers éligibles pour la récolte, d'un traitement à un autre).

Le degré Brix ou la teneur en matière sèche soluble est un paramètre traduisant le niveau de maturité de la mangue. Il présente des valeurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que le fruit mûrit, ce qui correspond à une augmentation de la teneur en sucres. Selon Andrew et Elke (2016), le degré Brix de la mangue peut varier de 9,1 à 18,27 en fonction de la variété

et du niveau de maturité. Les valeurs de Brix des mangues des différents traitements sont de l'ordre de 17 à 19 et ne présentent pas de différences significatives quelle que soit la densité de fourmis contrairement aux résultats préliminaires qui avaient révélé une augmentation du Brix de la mangue protégée. L'absence de différence significative entre les degrés Brix implique que les fourmis rouges n'auraient pas d'effet sur la teneur en sucre de la mangue protégée. Toutefois, Peng et Christian (2013), dans leurs travaux portant sur les probables effets des taches d'acide formique (provoquées par *O. smaragdina*) sur la qualité interne de la mangue, ont rapporté une teneur en sucre (Brix) significativement plus élevée chez la mangue protégée portant des taches d'acide formique (weaver ant mark), particulièrement au niveau des faces de mangues comportant beaucoup de tâches. Ils avaient alors suggéré que les tâches d'acide formique pourraient être considérées comme une preuve de mangues produites en système IPM (Integrated Pest Management) et de mangues de meilleur goût plutôt que d'être utilisées comme facteurs de dégradation de la valeur marchande de la mangue. Il se pourrait donc que l'augmentation de la teneur en sucre totaux de la mangue protégée soit liée au tâches d'acide formique. Dans notre étude, nous ne nous sommes pas intéressés particulièrement à ce genre de fruits. Par contre au Ghana, dans le cadre d'une étude sur la perception des producteurs d'agrumes sur *O. longinoda* en tant qu'agent de lutte biologique ainsi que ses effets sur la qualité des agrumes, la densité de nids de *O. longinoda* des fruitiers n'a pas eu d'effet significatif ni sur l'acidité titrable, ni sur la teneur en sucres totaux desdits agrumes (Abunyemah et al. 2015). Ces résultats obtenus aux Ghana avec *O. longinoda* sur les agrumes, vont dans le même sens que les

résultats de la présente étude qui concerne la mangue.

Quant au rapport sucre / acide, c'est un paramètre dont dépend la saveur des fruits (Léchaudel et Joas, 2007). Plus il est grand, plus le fruit est mûr et meilleur est le goût. Les différentes densités de fourmis n'ont pas eu d'effet sur les rapports Brix/acidité des mangues analysées. Sachant que le rapport sucre/acide est un indicateur du goût perçu par le consommateur (Lechaudel et al., 2005 ; Signoret, 2004), les résultats actuels s'écartent des résultats d'enquêtes réalisées auprès des acteurs de différentes filières horticoles dans de nombreux pays. En effet, la plupart des acteurs (producteurs, collectrices-revendeuses, consommateurs) enquêtés déclarent qu'il existe une différence de qualité entre les fruits (mangues, agrumes, cajou) protégés par les oecophylles et ceux non protégés, notamment du point de vue du goût, de la couleur, de l'arôme, de la texture et de la durée de vie post récolte (Sinzogan et al., 2008 ; Van Mele et al., 2009). Au cours des travaux préliminaires, l'enquête effectuée dans la région de Parakou auprès des acteurs de la filière mangue (producteurs, collectrices – revendeuses, consommateurs) a révélé que la mangue protégée par *O. longinoda* a un goût plus sucré que celle non protégée selon 79,41% des enquêtés (Houngbo, 2012). Cette même appréciation avait été rapportée sur les mangues d'écologie guinéenne par 57% des producteurs (Van Mele et al., 2009). Contrairement au point de vue des acteurs de la filière mangue dans divers pays, au Ghana, seulement 28% des producteurs d'agrumes enquêtés ont déclaré que *O. longinoda* améliore le goût des agrumes contre 70% qui ont estimé qu'il n'existe aucune différence de goût entre les agrumes récoltés sur les arbres avec ou sans fourmis alors que les 2% restant ont estimé que *O. longinoda* réduit le goût des agrumes (Abunyemah et al. 2015). L'amélioration du goût de la mangue protégée

par les fourmis rouges, déclarée par de nombreux acteurs de la filière mangue n'a pas été mise en évidence dans cette étude. Par ailleurs, la teneur en sucre (Brix) plus élevée chez la mangue protégée par *O. smaragdina* rapportée par Peng et Christian (2013) en Asie, concernait les mangues portant des tâches d'acide formique (weaver ant mark). Il se pourrait donc que l'amélioration du goût rapporté par les acteurs, concernerait les mangues portant des tâches d'acide formique et serait probablement liée à ces tâches. Il serait donc utile, au cours de travaux ultérieurs, d'élucider cet aspect pour les mangues en Afrique de l'Ouest. Il se pourrait également que la différence de qualité entre mangue protégée et non, relayée par les acteurs ne soit pas tributaire d'une différence de teneurs en sucres totaux et en acidité.

Variation de la composition en sucres et acides organiques

Selon cette étude, le saccharose constitue le sucre majeur de la mangue « Gouverneur » au Bénin, suivi du fructose alors que l'acide malique représente le deuxième acide le plus important après l'acide citrique. Des travaux antérieurs avaient déjà rapporté que le saccharose, le glucose et le fructose constituaient les principaux sucres de la mangue (Gil et al., 2000) alors que les acides citrique et malique en étaient les principaux acides organiques (Ueda et al., 2000). Les teneurs moyennes en divers sucres pour les différents traitements ont varié d'une saison à l'autre. Cette variation témoigne de la variation de la qualité des fruits d'une saison à une autre mais elle pourrait être aussi due aux conditions environnementales. En effet, Lechaudel et al. (2005) ont démontré que les facteurs tels que le ratio nombre de feuilles par fruit, l'apport en minéraux ou l'apport hydrique modifient la teneur en certains sucres chez la mangue.

A différentes densités de fourmis, on n'observe aucune différence significative entre les teneurs en sucres et en acides organiques des mangues étudiées. La densité de fourmis des manguiers n'influencerait donc pas la teneur en sucres et acides organiques de la mangue. Une différence significative de sucres et d'acides organiques aurait justifié la différence de goût entre mangues protégées et non protégées rapportée par les divers acteurs. En effet, tous les sucres n'ont pas un même pouvoir sucrant ; par exemple le fructose et le saccharose sont respectivement 2,3 et 1,4 fois plus sucrés que le glucose (Léchaudel et al., 2005). Aussi, a-t-il été rapporté que l'acide oxalique, l'acide malique ainsi que d'autres acides peuvent influencer le goût des fruits surtout pendant la phase de maturation (Andrew et Elke, 2016). Ainsi, s'il y avait eu une différence de sucres et / ou d'acides organiques entre les mangues étudiées, cela pourrait expliquer la différence de goût rapportée par les consommateurs de mangues.

De façon globale, les résultats de cette étude ne permettent pas de conclure à une influence de la densité de fourmis étant donné qu'on n'observe pas une évolution des paramètres physico-chimiques avec l'augmentation de la densité. Pour tous les traitements à fourmis (T1, T2 et T3) le rapport moyen Brix /acidité des mangues avec cochenilles est plus élevé que celui des mangues sans cochenilles au sein d'un même traitement à la saison 1. En saison 2, cette même tendance a été observée uniquement pour le traitement T2 tandis que pour les traitements T1 et T3, c'est plutôt l'inverse qui se produit. Toutefois, cette augmentation du rapport Brix / acidité est statistiquement non significative et ne pourrait donc pas justifier un effet d'amélioration du goût de la mangue dû à la présence de cochenilles tel que le déclarent les femmes collectrices-revendeuses au Bénin qui préfèrent particulièrement collecter les mangues portant des cochenilles.

L'ensemble des paramètres physico-chimiques de la mangue qui ont été appréciés dans le cadre de cette étude laisse présager une similarité de goût entre mangues protégées et non protégées quelle que soit la densité de fourmis des manguiers. Les fourmis rouges utilisées dans la lutte contre les ravageurs de la mangue n'auraient donc pas d'effet sur la qualité gustative de la mangue contrairement aux résultats de diverses enquêtes et du test organoleptique réalisé en 2012. Toutefois, il se pourrait que les causes d'une probable amélioration du goût de la mangue par *O. longinoda*, soient liées à d'autres phénomènes que cette étude n'a pas pu mettre en évidence.

Conclusion

Les fourmis rouges (*Oecophylla longinoda*) utilisées comme agent de lutte biologique contre les ravageurs de la mangue au Bénin, auraient un effet d'amélioration de la qualité physico-chimique de la mangue protégée. Au terme de ce travail qui a évalué l'effet des fourmis sur la qualité physico-chimique de la mangue en fonction de la densité, il est apparu, que la présence de *O. longinoda* à différentes densités dans les manguiers, n'a pas d'effet sur les matières sèches, le pH, l'acidité et le degré Brix de la mangue protégée. De plus, la densité des fourmis rouges dans les manguiers n'influence, non plus, la composition en sucres et en acides organiques de la mangue protégée pour la variété étudiée. Toutefois, il convient d'étendre cette étude à d'autres variétés et à d'autres zones agro-écologiques du Bénin. De plus, il serait aussi utile d'élucider les aspects abordés au cours de ce travail sur des mangues portant les marques de fourmis (taches dues aux jets d'acide formique).

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts concernant ce travail.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

HYH, FAA, AS⁴ et AS³ ont participé à la conception et la mise en place du dispositif expérimental au champ. HYH et ACPRB ont élaboré les protocoles et réalisé les manipulations au laboratoire sous la supervision de PA. HYH, FAA, J-FV et PA ont participé à la rédaction du manuscrit. Les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le collectif des propriétaires du verger de Korobourou et leur représentant le Professeur Wallis ZOUMAROU pour nous avoir permis de conduire cette expérimentation dans leur verger. Nos remerciements s'adressent également à Mr Moudjibou SOUMANOU MOUSSA, le technicien de terrain qui a suivi et entretenu le dispositif expérimental, Mr Mathias HOUNSOU qui a apporté son assistance aux analyses de HPLC et à tous les autres qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

REFERENCES

- Abunyewah GK, Afreh-Nuamah K, Nboyine JA, Obeng-Ofori D, Billah MK. 2015. Farmers' perception of a biological control agent, *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera: Formicidae) and its effects on the quality of citrus fruits in Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, **10**(51): 4646-4652. DOI: 10.5897/AJAR2015.9958.
- Adandonon A, Vayssières J-F, Sinzogan A, Van Mele P. 2009. Density of pheromone sources of the weaver ant *Oecophylla longinoda* (Hymenoptera: Formicidae) affects oviposition

- behaviour and damage by mango fruit flies (Diptera Tephritidae). *International Journal of Pest Management*, **55**(4): 285–292. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670870902878418>.
- Andrew JN and Elke P. 2016. Nutritional characterization of organically and conventionally grown mango (*Mangifera indica* L.) and pineapple (*Ananas cosmosus*) of different origins. *Journal of Crop Science and Agronomy*, **1**(01): 01-17. DOI: <http://wsrjournals.org/journal/jcsa>.
- Association of Official Analytical Chemists, 1984. *Official Methods of Analysis*. (14th edition). Arlington, AOAC 1984: 249-431.
- Anato FM, Wargui R, Sinzogan A, Offenber J, Adandonon A, Vayssières J-F, Kossou DK, 2015. Reducing losses inflicted by insect pests on cashew, using weaver ants as efficient biological control agent. *Agricultural and Forest Entomology*, **17**: 285-291. DOI: 10.1111/afe.12105.
- Déguénon BJM, 2009. Inventaire, estimation d'abondance et interactions entre différentes espèces de fourmis dans un grand verger de manguiers à Korobourou (commune de Parakou). Thèse d'Ingénieur Agronome, Université d'Abomey-Calavi, 88p.
- Gil MA, Duarte FI, Delgadillo I, Colquhoun JI, Casuscelli F, Humpfer E, Spraul M. 2000. Study of the compositional changes of mango during ripening by use of Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, **48**(5): 1524 - 1536
- Houngbo, H. 2012. Evaluation de la qualité nutritionnelle, microbiologique et organoleptique de la mangue (*Mangifera indica*) protégée par les fourmis rouges (*Oecophylla longinoda*). Thèse de Master, Université d'Abomey-calavi, 60p.
- Ishtiaq AR, Aman UM, Ahmad SK, Basharat AS, Saeed AM, 2010. A new mango hybrid shows better shelf life and fruit quality. *Pak. J. Bot.*, **42**(4): 2503-2512.
- Jahan S, Gosh T, Begum M, Saha BK. 2011. Nutritional Profile of Some Tropical Fruits in Bangladesh: Especially Anti-Oxidant Vitamins and Minerals. *Bangladesh Journal of Medical Science*, **10**(2): 95-103.
- Kante-Traore H, Sawadogo-Lingani H, Seogo I, Kabore D, Dicko HM. 2017. Procédés de transformation de la mangue et niveau de connaissance des normes de qualité par les unités de production au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(1): 195-207.
- Kouebou C, Goygoy F, Bourou S, Kosga Djakissam P, Layla H, Zenabou G, Barbi M, Vunyingah M, Woin N. 2013. Biodiversité et valeur alimentaire des fruits au Cameroun : observations préliminaires dans le Département de la Bénoué (Région du Nord). *Journal of Applied Biosciences*, **69**: 5510 – 5522.
- Ladoh Yemeda CF, Mony R, Tchatat M, Dibong S. 2013. Contribution des fourmis à la lutte biologique contre les Loranthaceae. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **7**(3): 924-937.
- Léchaudel M and Joas J, 2007. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behaviour. *Braz. J. Plant Physiol.*, **19**(4) : 287-298.
- Léchaudel M, Joas J, Caro Y, Génard M, Jannoyer M, 2005. Leaf fruit ratio and irrigation supply affect seasonal changes in minerals, organic acids and sugars of mango fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **85**: 251-260.
- Lux AS, Ekesi S, Dimbi S, Mohamed S, Billah M, 2003. Mango-infesting fruit

- flies in Africa: perspectives and limitations of Biological approaches to their management. In *Biological Control in IPM systems in Africa*. CABI CTA SDC 277 – 293.
- Nout MJR, Roumbout FM, Havelaar A, 1989. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, **8**: 355-361.
- Offenberg J and Wiwatwitaya D. 2010. Sustainable weaver ant (*Oecophylla smaragdina*) farming: harvest yields and effects on worker ant density. *Asian Myrmecology*, **3**: 55-62.
- Offenberg J and Wiwatwitaya D, 2009. Weaver ants convert pest insects into foods –Prospects for the rural poor. Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, University of Hamburg, October 6-8, 2009, 5 p.
- Ouedraogo SN. 2011. Dynamique spatiotemporelle des mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) en fonction des facteurs biotiques et abiotiques dans les vergers de manguiers de l'ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Paris Est, p.156.
- Peng RK, Christian K, 2013. Do Weaver Ant (Hymenoptera: Formicidae) Marks Affect Mango Internal Quality and Storage Life? *J. Econ. Entomol*, **106**(1): 299-304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EC12162>
- Rey J-Y, Diallo TM, Vannière H, Didier C, Kéita S, Sangaré M, 2004. La mangue en Afrique de l'Ouest francophone. *variétés et composition variétale des vergers. Fruits*, **59**:191–208. DOI : 10.1051/fruits : 2004018.
- Sane B, Badiane D, Gueye TM, Faye O. 2018. Évaluation de l'efficacité biologique d'extrait de neem (*Azadirachta indica* Juss.) comme alternatif aux pyréthrinoides pour le contrôle des principaux ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1): 157-167.
- Sawadogo-Ligani H and Traore AS. 2001. Chemical composition and nutritional value of Burkina Faso Amelie mango (*Mangifera indica* L.). *J.Sci*, **2**(1): 35-39.
- Sinzogan AAC, Van Mele P, Vayssières J-F. 2008. Implications of on farm research for local knowledge related to fruit flies and the weaver ant *Oecophylla longinoda* in mango production. *International Journal of Pest Management*, **54**(3): 241-246.
- Ueda M, Sasaki K, Utsunomiya N, Inaba K, Shimabayashi Y. 2000. Changes in physical and chemical properties during maturation of mango fruit (*Mangifera indica* L. 'Irwin') cultured in a plastic greenhouse. *Food Sci. Technol. Res.*, **6**(4): 299 – 305.
- Van Mele P, Camara K, Vayssières J-F. 2009. Thieves, bats and fruit flies: local ecological knowledge on the weaver ant *Oecophylla longinoda* in relation to three 'invisible' intruders in orchards in Guinea. *International Journal of Pest Management*, **55**(1): 57-61.
- Van Mele P, Cuc NTT, 2008. Nos amis les fourmis, améliorons la qualité de nos arbres fruitiers. CAB International, WARDA-ADRAO. 68p.
- Van Mele, P. and Cuc, N.T.T. 2007. *Ants as Friends: Improving your Tree Crops with Weaver Ants* (2nd Edition). Africa Rice Center (WARDA), Cotonou, Benin, and CABI, Egham, UK. 72 pp.
- Van Mele P, Vayssières J-F, Van Tellingén E, Vrolijk A. 2007. Effects of an African weaver ant, *Oecophylla longinoda*, in controlling mango fruit flies (Diptera:

- Tephritidae) in Benin. *Journal of Economic Entomology*, **100**(3): 695-701.
- Van Mele P, Cuc NTT. 2000. Evolution and status of *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) as a pest control agent in citrus in the Mekong Delta, Vietnam. *International Journal of Pest Management*, **46**(4) 295-301.
- Vayssières J-F, Sinzogan A, Adandonon A, Coulibaly O Bokonon-Ganta A, 2012. Mango Cultivation in Benin. In *Cultivation in Different Countries. Mango*, 2: 260 – 279.
- Vayssières J-F, Sinzogan AAC, Korie S, Ouagoussounon I, Thomas-Odjo A. 2009. Effectiveness of spinosad bait sprays (GF-120) in controlling mango-infesting fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Benin. *Journal of Economic Entomology*, **102**(2): 515-521.
- Vayssières J-F, Korie S, Coulibaly T, Temple L, Bouéyi S. 2008. Le manguier dans le centre et le nord du Bénin : inventaires des cultivars, estimation des rendements, stades touchés et pertes dues aux mouches des fruits. *Fruits*, **63**(6): 335 – 348.
- Vayssières J-F, Sinzogan AAC. 2008. Projet Régional de Lutte Contre les Mouches des Fruits. Utilisation des fourmis tisserandes *Oecophylla longinoda* (Hymenoptera: Formicidae) dans la lutte contre les mouches des fruits (Diptera : Tephritidae). Fiche N°5 IITA-CIRAD, 4p.
- Vayssières J-F, Sanogo F, Noussourou M. 2004. Inventaire des espèces des mouches de fruits (Diptera : Tephritidae) inféodés au manguier au Mali et essai de lutte raisonnée. *Fruits*, **59**(1): 3-16.